

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-324647

(43)Date of publication of application : 22.11.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/30

G02B 6/122

(21)Application number : 2000-143973

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 16.05.2000

(72)Inventor : KOMOTO KATSUTOSHI
OURA KOJI
ASANO KENICHIRO
HOSOYA HIDEYUKI(54) OPTICAL FIBER ARRAY, OPTICAL WAVEGUIDE CHIP AND OPTICAL MODULE
CONNECTING THEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical module in which optical fibers and optical waveguides are connected with low loss and low reflection with high accuracy.

SOLUTION: The optical module is provided, in which an optical fiber array 14 which is constituted by engraving plural lines of V grooves 12 parallel on a substrate 11 so as to become oblique with respect to the connection end face of the substrate 11 and by housing optical fibers 13 in these V grooves 12 and by grinding the connection end face 14a so as to become a right angle with respect to the upper surface and the bottom surface of the substrate 11 is connected to an optical waveguide chip 35 which is constituted by forming plural lines of optical waveguides 36 on a waveguide substrate 37 and by forming the waveguides so that their axial directions become oblique with respect to the connection end face of the substrate 37 at incidence and emission positions of the optical waveguides 36 and by grinding the connection end face of the substrate 37 so as to become a right angle with respect to the upper surface and the bottom surface of the substrate 37.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-324647

(P 2001-324647 A)

(43) 公開日 平成13年11月22日 (2001. 11. 22)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 2 B	6/30	G 0 2 B	2H037
	6/122		A 2H047

審査請求 未請求 請求項の数 6

O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-143973 (P2000-143973)

(22) 出願日 平成12年5月16日 (2000. 5. 16)

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 甲本 克敏

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

(72) 発明者 大浦 宏治

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

(74) 代理人 100064908

弁理 志賀 正武 (特許士)

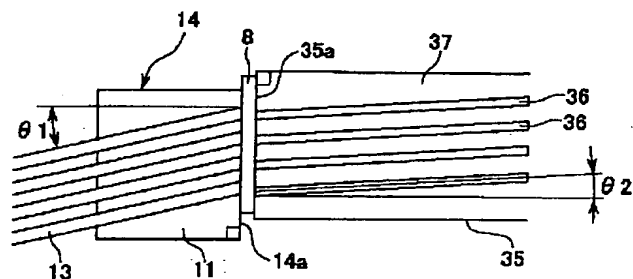
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバアレイ、光導波路チップ及びこれらを接続した光モジュール

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 光ファイバと光導波路とが、低損失、低反射で接続された光モジュールを精度よく得る。

【解決手段】 基板 11 に複数条の V 溝を、基板 11 の接続端面に対して斜めとなるように平行に刻設し、これら V 溝 12 に、光ファイバ 13 を収容し、接続端面 14 a を基板の上面及び底面に対して直角となるように研磨してなる光ファイバアレイ 14 と、導波路基板に複数条の光導波路を形成し、前記光導波路 16 の入射位置においては、その軸方向が、前記導波路基板の接続端面に対して斜めとなるように形成し、導波路基板の接続端面を、導波路基板の上面及び底面に対して直角となるように研磨してなる光導波路チップとを接続した光モジュールを提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状の基板の上面に複数条の V 溝を、前記基板の接続端面とされる側面から相対する他方の側面にかけて、V 溝の軸方向が該接続端面に対して斜めとなるように平行に刻設し、これら V 溝に光ファイバを、その先端面が前記基板の接続端面に接するようにして収容し、基板の接続端面および光ファイバの先端面を、基板の上面及び底面に対して直角となるように研磨してなることを特徴とする光ファイバアレイ。

【請求項 2】 板状の基板の上面に複数条の光導波路を、前記基板の接続端面とされる側面から相対する他方の側面にかけて形成し、接続端面に通じる前記光導波路の入出射位置においては、光導波路をその軸方向が前記基板の接続端面に対して斜めとなるように形成し、基板の接続端面および光導波路の先端面を、基板の上面及び底面に対して直角となるように研磨してなることを特徴とする光導波路チップ。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の光ファイバアレイと、請求項 2 に記載の光導波路チップとを接続した光モジュールであって、

上記光ファイバアレイの接続端面と、光導波路チップの接続端面とを、それぞれの基板の底面に対して直角となるように研磨し、

これら直角に研磨された接続端面同士を対向させて、前記光ファイバアレイの光ファイバと光導波路チップの光導波路とを接続し、これらの光ファイバと光導波路との境界面が、光ファイバの光の進行方向に対して傾斜するようにされたことを特徴とする光モジュール。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の光モジュールにおいて、上記光ファイバと光導波路との境界面に垂直な平面に対する光ファイバの光の進行方向の角度と、前記平面に対する上記光導波路における光の進行方向の角度とが等しいことを特徴とする光モジュール。

【請求項 5】 請求項 3 に記載の光モジュールにおいて、上記光ファイバと光導波路との境界面に垂直な平面に対する光ファイバの光の進行方向の角度 θ_1 と、前記平面に対する上記光導波路における光の進行方向の角度 θ_2 が、光ファイバを伝搬する光の実行屈折率を n_1 、光導波路を伝搬する光の屈折率を n_2 としたときに、 $n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$ の関係を満たすようにされたことを特徴とする光モジュール。

【請求項 6】 上記光ファイバアレイと光導波路チップとの接続面に、無反射膜を介在させることを特徴とする請求項 3 ないし 5 のいずれか一項に記載の光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信システムにおいて、導波路型光選択素子、導波路型スプリッタ、導波路型光スイッチなどの導波路型光部品と、光ファイバと

の接続方法に関し、これらを低反射、低損失で接続するのに有用な光ファイバアレイ、光導波路チップ、及びこれらを接続した光モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 光通信においては、光ファイバからなる伝送路内に、必要に応じて変調器、スイッチなどの光導波路型光部品が挿入される。光導波路型光部品は、基板上に光導波路が形成された光機能部品であり、小型、高速、高効率、高信頼性などの特徴から広く用いられている。光導波路型光部品の中で、石英ガラスを主成分とした石英ガラス系光導波路型部品は、光伝送損失が低く石英ガラス系光ファイバとの低損失な接続が可能であること、また多くの光機能を集積できることから、将来光通信網の構築に大量に使用されることが期待されている。このような状況の中、上記光導波路型光部品の光導波路と、光ファイバとを低反射、低損失で、かつ最良の光学特性が得られるように接続する技術が求められている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 一般に、光ファイバと光導波路型光部品との接続においては、光ファイバと光導波路型光部品の光導波路との接続部、すなわち光導波路の境界面を光ファイバの光の進行方向に対してわずかに傾斜させることにより、光導波路の境界面で反射して光源に戻る光、いわゆる反射光を低減することができる。

【0004】 このような光ファイバと光導波路との接続面を傾斜させる方法としては、例えば、図 7 および図 8 に示すように、光ファイバアレイ 4 と光導波路チップ 7 との接続において、光ファイバアレイ 4 の端面 4 a と光導波路チップ 7 の端面 7 a を斜めに研磨してこれらを接続する方法がある。光ファイバアレイ 4 は、基板 1 上に複数条の V 溝 2、2…が、基板 1 の長手方向に沿って平行に刻設され、この V 溝 2、2…に光ファイバ 3、3…を収容してなるものである。

【0005】 これに接続される光導波路チップ 7 は、導波路基板 5 上に複数条の光導波路 6、6…が形成されてなるものである。図 7 及び図 8 に示す接続方法においては、これらの光ファイバアレイ 4 の接続端面 4 a と、光導波路チップ 7 の接続端面 7 a を、これらの傾斜角（研磨前の接続端面 4 a に対する研磨面 4 b の角度、または接続端面 7 a に対する研磨面 7 b の角度）が等しくなるように、またこれらの端面を対向させたときに重なるように斜めに研磨するものである。

【0006】 詳しくは、図 7 においては、光ファイバアレイ 4 の接続端面 4 a を、基板 1 の幅方向に対して斜め方向、厚さ方向に対して直角となるように、かつ接続端面 4 a と研磨面 4 b とのなす角が θ' となるように研磨する。また、光導波路チップ 7 の接続端面 7 a が、基板 5 の幅方向に対して斜め方向、厚さ方向に対して直角となるように、かつ接続端面 7 a と研磨面 7 b とのなす角

10

20

30

40

50

が θ となるように研磨する。そして、これらの研磨面4bと7bを対向させて接続して、光導波路型光部品を得る。

【0007】また、図8においては、光ファイバアレイ4の接続端面4aを、幅方向に対して直角、厚さ方向に対して斜めとなるように、かつ接続端面4aと研磨面4bとのなす角が θ' となるように研磨し、また、光導波路チップ7の接続端面7aが、基板5の幅方向に対して直角、厚さ方向に対して斜めとなるように、かつ接続端面7aと研磨面7bとのなす角が θ' となるように研磨し、これらの研磨面4bと7bを対向させて接続する。

【0008】しかしながら、このような接続方法においては、光ファイバアレイ4の接続端面4aおよび光導波路チップ7の接続端面7aを斜めに研磨する必要があるため、これら接続端面4a及び7aを研磨する研磨機、あるいは研磨機の取り付け治具を、研磨角度（それぞれの研磨前の基板端面に対する研磨後の接続端面の角度、すなわち角 θ 、角 θ' ）を研磨角度とする。）によって、改造する必要がある。また、光ファイバアレイ4と光導波路チップ7との接続時には、光ファイバ3と、光導波路6と調心しながら接続するが、このときに用いられる調心接続器あるいは、調心接続器の取り付け治具を、上記研磨角度（角 θ 、角 θ' ）に応じて改造する必要もあった。よって、手間がかかる上、このような接続方法においては、光ファイバアレイ4及び光導波路チップ7の接続面の研磨精度が悪く、また再現性が悪いものであった。

【0009】一方、他の光ファイバと光導波路型光部品との接続方法として、特開平8-122561号公報には、同一基板上に形成された非石英系光導波路と石英系光ファイバを接続するための方法が記載されている。この方法は、基板上に形成された光導波路に、光ファイバの先端面と対向する前記光導波路の端面を、前記光導波路の軸線に対して傾斜した平面とし、光導波路の軸線と光ファイバの軸線とが、前記端面での光屈にに応じた交差角度で端面において交わるように基板上に光ファイバの案内溝を作製しておき、この状態で、光ファイバと光導波路とを接続するものである。

【0010】しかしながら、この方法は複数の光ファイバを、複数の光導波路に接続する場合には適用しにくく、また上述の接続方法と同様に、光導波路の端面を光ファイバの接続端面に合わせて斜めに加工する必要があるため、接続面での研磨角度の精度が悪く、そのために接続損失が大きくなるといった問題があった。また、再現性が悪いといった問題があった。本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、光ファイバと光導波路型光部品の光導波路とが、低損失、低反射で接続された光モジュールを容易に得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】かかる課題を解決するた

めに、本発明は、板状の基板の上面に複数条のV溝を、前記基板の接続端面とされる側面から相対する他方の側面にかけて、V溝の軸方向が該接続端面に対して斜めとなるように平行に刻設し、これらのV溝に光ファイバを、その先端面が前記基板の接続端面に接するようにして収容し、基板の接続端面および光ファイバの先端面を、基板の上面及び底面に対して直角となるように研磨してなる光ファイバアレイを提供する。また、板状の基板の上面に複数条の光導波路を前記基板の接続端面とされる側面から相対する他方の側面にかけて形成し、接続端面に通じる前記光導波路の入出射位置においては、光導波路を、その軸方向が前記基板の接続端面に対して斜めとなるように形成し、基板の接続端面および光導波路の先端面を、基板の上面及び底面に対して直角となるように研磨してなる光導波路チップを提供する。このような光ファイバアレイおよび光導波路チップであれば、これらの接続端面を直角に研磨することにより、光ファイバの接続端面および光導波路の接続端面を斜めに精度よく加工することができる。

【0012】そして、本発明は、このような光ファイバアレイ及び光導波路チップを接続した光モジュールを提供する。この光モジュールは、上記光ファイバアレイの接続端面と光導波路チップの接続端面とを、それぞれの基板の底面に対して直角となるように研磨し、これら直角に研磨された接続端面同士を対向させて、前記光ファイバアレイの光ファイバと、光導波路チップの光導波路とを接続し、これらの光ファイバと光導波路との境界面が、光ファイバの光の進行方向に対して傾斜するようにされている。また、上記光モジュールにおいて、上記光ファイバと光導波路との境界面に垂直な平面に対する光ファイバの光の進行方向の角度 θ_1 と、前記平面に対する上記光導波路における光の進行方向の角度 θ_2 とが等しい（ $\theta_1 = \theta_2$ ）か、あるいは、上記角度 θ_1 と角度 θ_2 が、光ファイバを伝搬する光の実行屈折率を n_1 、光導波路を伝搬する光の屈折率を n_2 としたときに、 $n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$ の関係を満たすようにされることが好ましい。また、上記光ファイバアレイと光導波路チップとの接続面に、無反射膜を介在させることもできる。このような光モジュールは、低損失、低反射で、光ファイバ及び光導波路を接続することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳しく説明する。まず、本発明の光ファイバと光導波路部品との接続した光モジュールに用いられる光ファイバアレイと光導波路チップについて説明する。図1は、本発明の光ファイバアレイの一例を説明するための概略図であり、(a)は上から見た平面図、(b)は側面図、(c)は接続端面からみた断面図である。なお、この図においては、説明を容易にするためにV溝12およびこれに収容される光

ファイバ 13 の数を 4 としたが、実際には、これより多く設計することが可能である。

【0014】図中符号 11 は基板であり、この基板 11 は、石英などからなる平面形状が矩形の板状物であり、その一方の側面が基板 11 の底面及び上面に対して直角となるようにされ、光導波路型光部品との接続端面 11a とされている。この基板 11 の上面には、複数条の V 溝 12、12…が、基板 11 の接続端面 11a から、他方の側面 11b にかけて、基板 11 の接続端面 11a に対して斜めとなるように平行に刻設されている。そして、これらの V 溝 12、12…には、それぞれ光ファイバ 13、13…が、その先端面 13a が前記接続端面 11a に接するようにして一本ずつ收容されている。そして、基板 11 の接続端面 11a 及び光ファイバ 13、13…の先端面 13a は、基板 11 の底面に対して垂直となるように研磨され、光ファイバアレイ 14 の接続端面 14a とされる。以下、研磨後の光ファイバアレイ 14 における接続端面 14a の、基板 11 の底面に対する角度を研磨角度とする。

【0015】ここで、上記基板 11 の接続端面 11a に対して斜めとは、V 溝 12 の軸方向が、接続端面 11a の垂直面に対して、角度 θ の傾きを有することをいう。このときの角度 θ を傾斜角とする。この傾斜角 θ は、同時に、この V 溝 12、12…に納められる光ファイバ 13、13…の傾斜角、すなわち、光ファイバ 13 の先端面 13a の垂直面に対する、光ファイバの光の進行方向（軸方向）の傾きを示す。上記傾斜角 θ は、十分な光の反射減衰量を確保するために必要な角度とされ、好ましくは $7 \sim 9^\circ$ の範囲とされ、より好ましくは $8 \pm 0.1^\circ$ とされる。角 θ が 7° 未満であると、V 溝 12 に收容される光ファイバ 13 の先端部での傾斜角が十分でなく、光導波路型光部品と接続したときに、その端面（境界面）での光反射が大きくなってしまう。また、 9° を超えると、逆に上記端面の傾斜角が大きくなり、光導波路型光部品の光導波路との光学的な接続が困難となる。

【0016】上記 V 溝 12 に収められる光ファイバ 13 としては、例えば図 2 に示すもののよう、多心の光ファイバテープ心線 19 を光ファイバ素線 18 に分割し、この素線 18 の先端部分の被覆を取り除いて口出した、外径 $125 \mu\text{m}$ の光ファイバ（裸線）13 を用いることが好ましい。例えば、光ファイバアレイ 14 に収められる光ファイバ 13 が 16 本である場合には、8 心の光ファイバテープ心線を 2 枚用い、これらを分割、口出したうえ、2 枚を重ねた状態で V 溝 12、12…に収めることにより、1 つの光ファイバ（裸線）13 を一列に並べた幅よりも、光ファイバ素線 18 部分が広がることなく、好都合である。もちろん多心の光ファイバテープ心線 19 をそのまま用いることも可能である。そして、上記光ファイバ 13 の他端は、光ファイバテープ心

線 19 として光ファイバアレイ 14 の後方からリード線として導出され、他の光部品に接続する。

【0017】上記 V 溝 12 の溝幅は、V 溝 12 に収められる光ファイバ 13 の外径よりも、約 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 大きく、通常 $126 \sim 127 \mu\text{m}$ とされ、溝深さは $85 \mu\text{m}$ 程度となっている。また、V 溝 12、12…の数および間隔 d_2 は、收容される光ファイバ 13、13 の数及び間隔 d_1 により適宜決定され、間隔 d_2 は、下記数式（1）により算出される。

$$d_2 = d_1 / \cos \theta \cdots (1)$$

例えば、図 2 に示す 8 心の光ファイバテープ心線 19 から口出しされた光ファイバ裸線 13 を收容するようであれば、V 溝 12 は基板 11 表面に 8 条形成され、これらの間隔 d_2 は、通常、光ファイバ裸線の間隔 d_1 は、 $250 \mu\text{m}$ で設計されるので、 $d_2 = 250 / \cos \theta$ とされる。また、図 2 に示すように、8 心の光ファイバテープ心線を重ねた 16 心の光ファイバ 13 を收容するようであれば、これらの間隔 d_1 は、通常 $127 \mu\text{m}$ とされるので、 $d_2 = 127 / \cos \theta$ とされる。このように、通常用いられている光ファイバテープ心線の規格に合わせて、V 溝 12 を形成すれば実用的で、光ファイバアレイ 14 を量産でき好都合である。

【0018】このような光ファイバアレイ 14 であれば、予め所望の光ファイバ 13 の傾斜角 θ と等しくなるように、V 溝 12 の傾斜角 θ を定め、これを基板 11 上に形成し、この V 溝 12 に光ファイバ 13 を沿わせて收容したものである。その先端部 13a を基板 11 の接続端面 11a とともに、基板 11 の底面に対して垂直に研磨することによって、容易に光ファイバ 13 の先端面 13a を傾斜角 θ を有するように研磨することができる。従って、従来例において示した光ファイバアレイの研磨方法のように、光ファイバの傾斜角度によって、接続端面の研磨角度を変更する必要はなく、研磨角度は常に直角であればよいので、研磨機あるいは研磨機の取り付け治具を、光ファイバ 13 の傾斜角度によって改造する必要がなく、容易に光ファイバアレイ 14 の接続端面 14a を研磨することができる。また、その精度も良く再現性もよい。よって、このような光ファイバアレイ 14 を以下に説明する光導波路チップに接続すれば低損失、低反射の光モジュールを構成することができる。

【0019】次に、上記光ファイバアレイ 14 に接続する光導波路チップについて説明する。図 3 は、本発明の光導波路チップの一例を示す概略図であり、(a) は、上から見た平面図、(b) は側面図、(c) は接続端面からみた断面図である。なお、この図においては説明を容易にするために、光導波路 16 の数を 4 としたが、実際にはこれより多く設計することが可能である。この光導波路チップ 17 は、導波路基板 15 上に、光導波路 16、16…が、複数本形成されてなるものである。導波

路基板 15 は、例えば、石英などからなる平面形状が矩形の板状物であり、その一方の側面が、導波路基板 15 の底面及び上面に対して直角となるようにされ、光ファイバアレイ 14 との接続端面 15a とされている。そして、この導波路基板 15 の上面には、光導波路 16 が複数条形成され、少なくとも、光導波路 16 の入射位置、つまり光ファイバ 13 との接続部においては、光導波路 16、16... が前記導波路基板 15 の接続端面 15a に対して斜めとなるように平行に形成されている。そして、接続端面 15a は光導波路 16 の先端面 16a とともに、導波路基板 15 の底面に対して直角となるように研磨され、光導波路チップ 17 の接続端面 17a とされる。以下、上記光ファイバアレイ 14 と同様に、研磨後の光導波路チップ 17 の接続端面 17a の、導波路基板 15 の底面に対する角度を研磨角度とする。

【0020】ここで、上記光導波路 16 が、導波路基板 15 の接続端面 15a に対して斜めとは、接続端面 15a に垂直な平面に対して、光導波路 16 の光の進行方向が角度 $\theta 2$ の傾きを有することをいう。この角度 $\theta 2$ を光導波路 16 の傾斜角 $\theta 2$ とする。この傾斜角 $\theta 2$ は、光導波路チップ 17 に接続される光ファイバアレイ 14 の光ファイバ 13 の傾斜角 $\theta 1$ と等しい ($\theta 2 = \theta 1$) か、または、一般に知られているスネルの法則 (屈折の法則) から導かれる下記数式 (2) を満たすようにして定められることが望ましい。

$$n1 \cdot \sin \theta 1 = n2 \cdot \sin \theta 2 \dots (2)$$

ここで、 $n1$ は、光ファイバ 13 を伝播する光の実効屈折率であり、 $n2$ は光導波路 16 を伝播する光の実効屈折率である。例えば、傾斜角 $\theta 1 = 8^\circ$ 、 $n1 = 1.45$ (石英型光ファイバ)、 $n2 = 3.21$ (光導波路 16 が InP 導波路の場合) であれば、 $\theta 2$ は、上記数式 (2) より 3.6° となる。傾斜角 $\theta 2$ がこのような条件を満たすものであれば、光ファイバアレイ 14 の光ファイバ 13 と、光導波路チップ 17 の光導波路 16 とを、光学的に接続することができると共に、接続によって生じる光損失を最小限にすることができる。

【0021】上記光導波路 16 は、石英ガラスや、ポリマー、 LiNbO_3 、半導体等からなり、一般的に用いられる火炎堆積法によるガラス膜の形成と、反応性イオンエッチングによるガラス膜形成とを組み合わせた方法、結晶成長とドライエッチングを組み合わせた方法などにより形成することができる。また、光導波路 16 の数は、光ファイバアレイ 14 における光ファイバ 13 の数と同様にされ、その間隔 $d2$ は、光ファイバアレイ 14 における光ファイバ 13 の間隔 $d1$ と同様にされることが好ましい。光導波路 16 における光導波路 16、16 の間隔 $d3$ (軸線と軸線との間隔) は、 $d3 = d2 \cos \theta 2 = d1 \cos \theta 2 / \cos \theta 1$ により求めることができる。また、光導波路 16 を斜めに形成するには、上記イオンエッチングにおいて、使用されるマスク

のパターンを変えることにより容易に形成することができる。その角度の精度も高くすることができる。

【0022】このような光導波路チップ 17 であれば、予め光導波路 16 が、光ファイバ 13 との接続端面において、傾斜角 $\theta 2$ を有するように導波路基板 15 上に形成されたものであるので、光導波路チップ 17 の接続端面 17a を直角に研磨することによって、所望の傾斜角 $\theta 2$ を有するように、光導波路 16 の端面を加工することができる。従って、従来例において示した光導波路の研磨方法のように、光導波路の傾斜角度によって、光導波路チップ 17 の接続端面 17a の研磨角度を変える必要はなく、研磨角度は、常に、直角であればよいので、研磨機、あるいは研磨機の取り付け治具を、光導波路 16 の傾斜角度によって改造する必要がなく、容易に、光ファイバアレイ 14 の接続端面 14a を研磨することができる。また、その精度も良く再現性も向上する。また、このような光導波路チップ 17 であれば、上記構造の光ファイバアレイ 14 と接続することにより低損失、低反射の光モジュールを構成することができる。

【0023】次に、光ファイバアレイ 14 と光導波路チップ 17 との接続方法について説明する。上記光ファイバアレイ 14 と光導波路チップ 17 との接続は、基板 11 の底面に対して直角に研磨された光ファイバアレイ 14 の接続端面 14a と、導波路基板 15 の底面に対して直角に研磨された光導波路チップ 17 の接続端面 17a とを対向させ、光ファイバ 13 と光導波路 16 とを調心接続器において、調心しながら接続する。このとき、光ファイバ 13 と光導波路 16 との接合方法としては、レーザー光による融着、接着剤による接着、機械的圧接などの種々の方法が考えられるが、多心接続となるため、損失が少なく精度の高い接着剤による接続が好ましい。このときの接着剤としては、紫外線硬化型接着剤等が挙げられる。

【0024】上記光ファイバアレイ 14 の接続端面 14a と、光導波路チップ 17 の接続端面 17a は、上述のように、直角に研磨されているものである。これらの接続は容易で精度も高くなる。従って、従来例において示した光ファイバアレイと光導波路チップとの接続方法のように、光ファイバおよび光導波路の傾斜角度 (研磨角度) によって、調心機あるいは調心接続器の取り付け治具を改造する必要がなく、容易に、光ファイバ 13 と光導波路 16 とを接続することができる。また、その接続精度も良く再現性も向上する。

【0025】図 4～図 6 は、光ファイバアレイ 14 と光導波路 17 とを接続した光モジュールの例を示すものである。図 4 は、光ファイバアレイ 14 と石英系光導波路チップ 27 とを、光ファイバ 13 の傾斜角と、光導波路 26 の傾斜角とをともに $\theta 1$ として接続したものの例を示すものである。この場合、光ファイバ 13 における光の進行方向 (軸線) が、光導波路 26 の光の進行方向

と等しくなるので、低損失でこれらを接続することができる。

【0026】図5は、光ファイバアレイ14と非石英系光導波路チップ37とを光ファイバの傾斜角 θ_1 、光導波路36の傾斜角 θ_2 として接続したときの例を示すものである。この傾斜角 θ_2 は、一般に知られているスネルの法則（屈折の法則）から導かれる上記計算式（2）を満たすようにされているので、低損失で光ファイバ13と光導波36接続することができる。

【0027】図6は、上記図4の接続モジュールにおいて、光ファイバアレイ14と光導波路チップ37との間に、無反射膜8を設けて接続した場合を示すものである。このように、光ファイバアレイ14と光導波路チップ37との接続面に、無反射膜8を形成すると、光ファイバ13と光導波路37と境界面における光反射をより低減させることができる。上記無反射膜8としては、例えば通常用いられるARコートなどが挙げられる。ARコートとは、例えばSiO₂からなる薄膜と、TiO₂からなる薄膜を交互に、光ファイバアレイ14の接続端面14a上に蒸着法によって形成し、厚さ数 μm の無反射膜8を形成するものである。このように無反射膜8が形成された場合にも、光ファイバアレイ14と光導波路チップ37との接続は、上述の調心接続機により容易に行うことができる。

【0028】このような光モジュールにおいては、光ファイバ13と光導波路36との接続面いわゆる境界面は、光ファイバ13の光の進行方向に対して、傾斜した面とされるので、これら境界面における光導波路の光反射を低減することができる。よって、このような光ファイバアレイ14と光導波路チップ17とを接続した光モジュールであれば、光損失が少なくかつ光反射が少ないものとなる。

【0029】なお、図4～6に示した光モジュールは、光ファイバアレイと光導波路チップとの接続部分を模式的に示したもので、それぞれの基板と導波路基板の大きさが違い、接続部分で段差が生じているが、このような段差のないように基板及び導波路基板の形状を整えることも可能である。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように本発明の光ファイバアレイによれば、その接続端面を直角に研磨することにより、容易に所望の傾斜角（光ファイバの研磨後の先端面の垂直面に対する光ファイバの光の進行方向（軸方向）の傾き角度）となるように複数の光ファイバの接続端面を容易に加工することができる。またこのような光ファイバアレイを下記光導波路チップに接続すれば低損失、低反射の光モジュールを構成することができる。また、本発明の光導波路チップによれば、その接続端面を直角に研磨することにより、容易に複数の光導波路の端面を所望の傾斜角（光導波路の端面の垂直面に対する、

光導波路の光の進行方向（軸方向）の傾き角度）を有するように容易に加工することができる。また、このような光導波路チップであれば、上記構造の光ファイバアレイと接続することにより低損失、低反射の光モジュールを構成することができる。本発明の光モジュールによれば、上記加工精度の高い光ファイバアレイおよび光導波路チップを用い、光ファイバアレイ上の光ファイバの先端面と、光導波路チップ上の光導波路の端面とが、所望の傾斜角が得られように精度よく加工され、接続されたものであるので低損失となる。また、光モジュールにおいては、上記光ファイバと光導波路の接続端面いわゆる境界面が、光ファイバの光の進行方向に対してわずかに傾斜しているので、光反射が低減され低反射となる。また、上記光モジュールにおいて、光ファイバアレイと光導波路チップとの間に無反射膜を介在させればより光反射を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】（a）本発明の光ファイバアレイの一例を示す平面図である。

（b）（a）の側面図である。

（c）（a）の接続端面における断面図である。

【図2】 本発明の光ファイバアレイに用いられる光ファイバの一例を示す斜視図である。

【図3】（a）本発明の光導波路チップの一例を示す平面図である。

（b）（a）の側面図である。

【図4】 本発明の光モジュールの第1の実施の形態を示す平面図である。

【図5】 本発明の光モジュールの第2の実施の形態を示す平面図である。

【図6】 本発明の光モジュールの第3の実施の形態を示す平面図である。

【図7】（a）従来の光モジュールの一例における光ファイバアレイと光導波路チップの接続部分を示す平面図である。

（b）（a）の側面図である。

（c）（a）の光ファイバアレイにおける接続端面における断面図である。

【図8】（a）従来の光モジュールの一例における光ファイバアレイと光導波路チップの接続部分を示す平面図である。

（b）（a）の側面図である。

（c）（a）の光ファイバアレイにおける接続端面における断面図である。

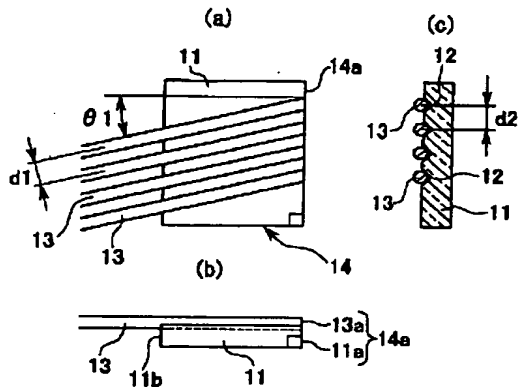
【符号の説明】

- 11 基板
- 12 V溝
- 13 光ファイバ
- 14 光ファイバアレイ
- 15 導波路基板

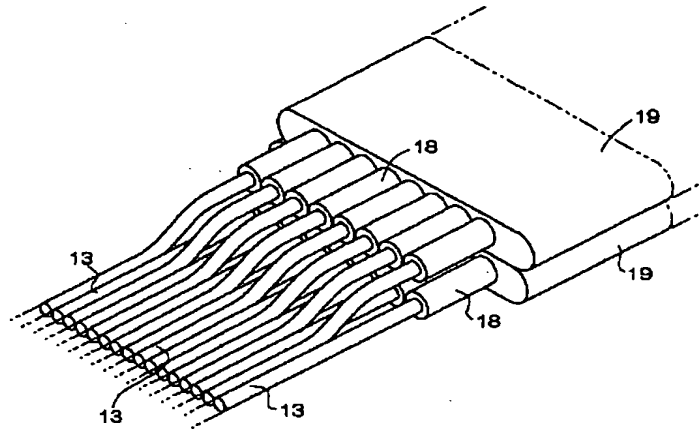
16 光導波路

17 光導波路チップ

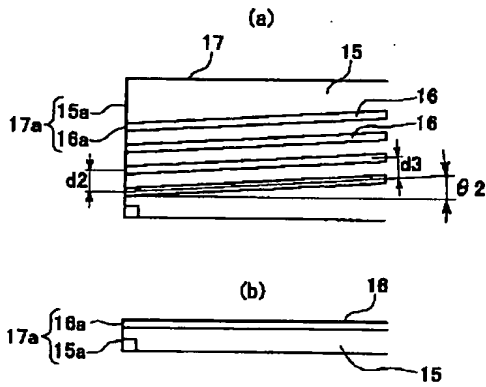
【図1】



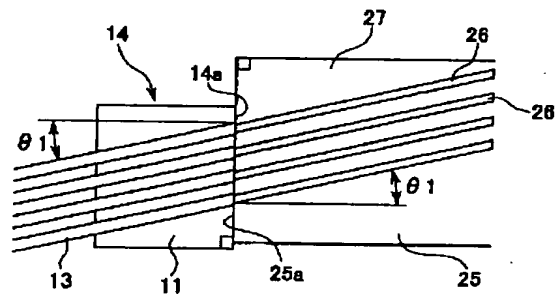
【図2】



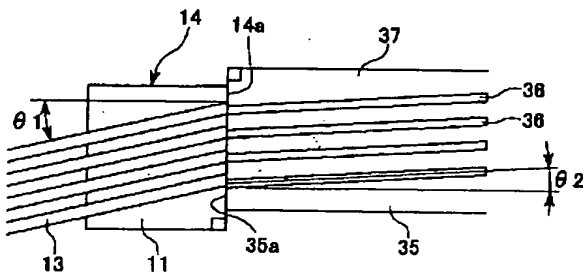
【図3】



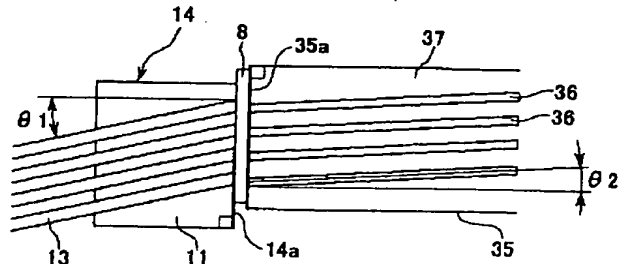
【図4】



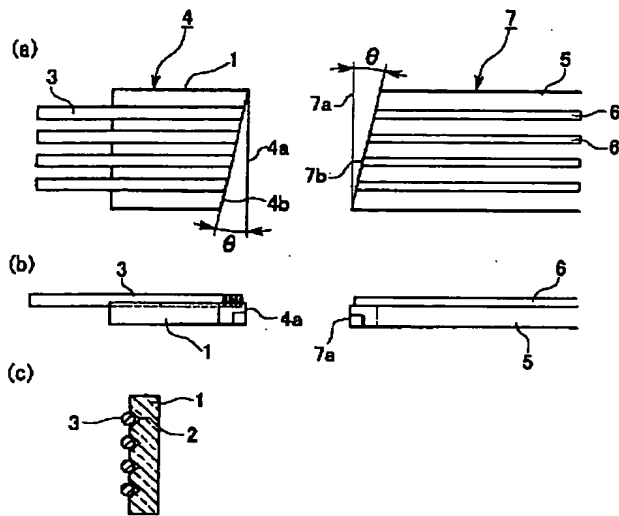
【図5】



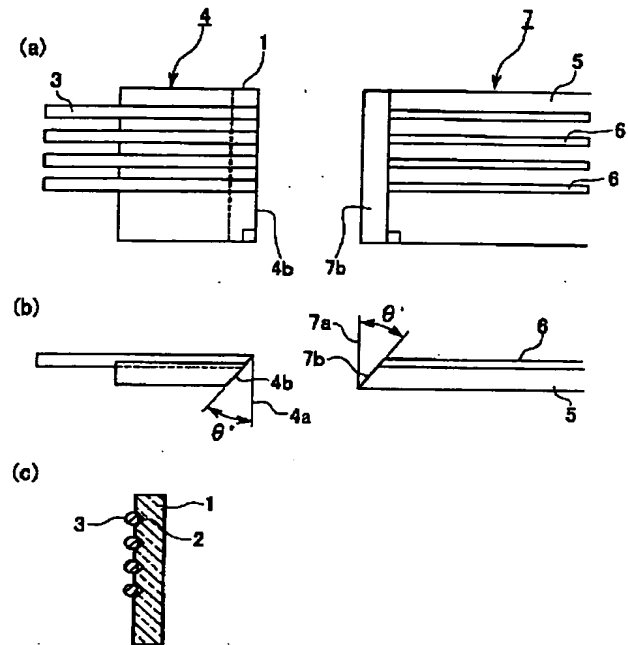
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 浅野 健一郎
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内

(72)発明者 細谷 英行
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA24 CA10 CA34 DA01
DA12 DA18
2H047 KA03 KA15 MA05 RA08 TA32
TA47